

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže



**TESTY KERAMICKÝCH ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ TUNGALOY NA
MATERIÁLU 13MoCrV6 NA SIMULÁTORU PŘERUŠOVANÉHO
ŘEZU**

**Tungaloy Ceramic Cutting Tools on Material 13MoCrV6 with an
Interrupted Cut Simulator**

Student:

Simona Kocifajová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Simona Kocifajová**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Testy keramických řezných nástrojů Tungaloy na materiálu 13MoCrV6
na simulátoru přerušovaného řezu
Tungaloy Ceramic Cutting Tools on Material 13MoCrV6 with an
Interrupted Cut Simulator**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Vliv tepelných a mechanických rázů na ostří nástroje.
3. Experimentální testování nástrojů.
4. Vyhodnocení testů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [2] ČEP, Robert. *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky v podmínkách přerušovaného řezu – disertační práce*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava Fakulta strojní, 2005. 101 s.
- [3] WHITNEY, E. Dow. *Ceramics Cutting Tools – Materials, Development and Performance*. Gainesville, Florida : Noyes Publication New Jersey, 1994, 350 p. ISBN 0-8155-1355-0.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 23.5.2011

..... Kořánková S.
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská –Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užití své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 23.5. 2011

Kocifajová S.

podpis

Simona Kocifajová

Dolní 3014/82

70030 Ostrava

Anotace Bakalářské práce

KOCIFAJOVÁ, S. Testy keramických řezných nástrojů Tungaloy na materiálu 13MoCrV6 na simulátoru přerušovaného řezu: bakalářská práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2011, 39.s. Vedoucí práce: Ing. Robert Čep, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá testováním keramických řezných nástrojů v podmínkách přerušovaného řezu. V úvodní části je vysvětlen důvod proč byly zvoleny keramické nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou a popsány jednotlivé kapitoly. Další část se zabývá problematikou přerušovaného řezu, tepelnými a mechanickými rázy, které při obrábění působí na vyměnitelnou břitovou destičku. Dále jsou popsány jednotlivé druhy metod, sestavení přípravku, úprava lišt, materiál obrobku, testované keramické vyměnitelné břitové destičky, nástrojový držák a obráběcí stroj. Poslední část se zabývá vyhodnocením testu, jeho zpracováním a vyvozením závěru.

Annotation of Bachelor Thesis

KOCIFAJOVÁ, S. Tungaloy Ceramic Cutting Tools on Material 13MoCrV6 with an Interrupted Cut Simulator: bachelor thesis. Ostrava, 2011, 38.s. Thesis supervisor: Ing. Robert Čep, Ph.D.

Bachelor thesis deals with the testing ceramics cutting tool in intermittent cutting conditions. In the first is explained reason why they were selected the ceramic tool with inserts and described the various chapters. Another part deals with the issue interrupted Cut, thermal and mechanical shock acting on insert turning. The following describes the different types of methods product compiling, editing strips, work piece material, the tested ceramic inserts, tool holder and machine tool. The last part deals with the evaluation of the experiment, processing of, and a conclusion.

OBSAH

Seznam použitých značek a symbolů.....	7
1. ÚVOD.....	8
2. VLIV TEPELNÝCH A MECHANICKÝCH RÁZU NA OSTŘÍ NÁSTROJE.....	9
2.1. Přerušovaný řez.....	9
2.2. Tepelné rázy.....	10
2.3. Mechanické rázy.....	11
3. EXPERIMENTÁLNÍ TESTOVÁNÍ NÁSTROJŮ	12
3.1. Podélné soustružení – Lištový test	12
3.2. Čelní soustružení s válcovými čepy	13
3.3. Soustružení s podélnými drážkami	14
3.4. Sestavení přípravku	15
3.5. Úprava lišt před vlastním měřením	16
3.6. Materiál obrobku (lišt)	17
3.7. Testované keramické vyměnitelné břitové destičky.....	18
3.8. Nástrojový držák VBD (řezná geometrie)	19
3.9. Obráběcí stroj.....	20
4. VYHODNOCENÍ TESTU	21
4.1. Vyhodnocení a zpracování výsledku.....	24
5. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	34
6. ZÁVĚR	35
7. POUŽITÉ ZDROJE	36
8. SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ,TABULEK A GRAFŮ	38

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Značení	Význam	Jednotka
CSRN	Označení druhu a tvaru nožového držáku	[-]
CX 710	Označení břitové destičky	[-]
D	Průměr obrobku	[mm]
F_c	Hl.složka řezné síly	[N]
FX 105	Označení břitové destičky	[-]
ISO	International Organisation for Standardization	[-]
R	Počet rázu	[-]
VBD	Vyměnitelná břitová destička	[-]
a_p	Hloubka řezu	[mm]
f	Posuv	[mm]
l	Obrobená délka	[mm]
n	Otáčky	[min ⁻¹]
n_1	Počet lišt	[-]
t	Čas	[min]
v_c	Řezná rychlost	[m/min]
ε	Tlakové napětí	[Pa]
ε_z	Specifický úhel záběru	[°]
σ	Tahové napětí	[Pa]

1. ÚVOD

Keramické řezné nástroje používáme tehdy, kdy nelze použít běžné nástroje z jiných materiálu např. z kovu. Hlavním důvodem jsou nízké teplotní odolnosti, odolnosti proti abrazi, korozní odolnosti apod.

Keramické materiály se vyznačují dobrými mechanickými vlastnostmi a to : vysokou tvrdostí, pevností, vysokým modulem pružnosti a malou hustotou. Další výhodou je, že při procesu obrábění nereagují chemicky s materiálem obrobku.

Pro náš test byly vybrány vyměnitelné břitové destičky (dále jen VBD) od firmy Tungaloy, která se zabývá výrobou nástrojů z řezné keramiky a slinutých karbidů. Zvolené typy VBD FX 105 a CX 710 jsou vhodné pro obrábění při vysokých rychlostech. Obě tyto destičky jsou na bázi nitridu křemíku, mají vysokou pevnost a dobrou tepelnou vodivost. Keramická břitová destička CX 710 má lepší houževnatost, než keramická břitová destička FX 105.

Důležité je vybrat vhodnou metodu, ve které můžeme pozorovat působení rázu na VBD. Proto byla zvolena metoda podélného soustružení (lišťový test). Tato metoda je založena na principu podélného soustružení válce (válcem je simulátor přerušovaného řezu), do kterého je vsazen materiál obrobku (15 128) ve tvaru lišt. Tyto lišty jsou upnuty pomocí sady upínacích klínů.

Podle normy ISO 3685 byl vybrán vhodný nástrojový držák. Pro účely bakalářské práce se jako nejvhodnější jevil nástrojový držák CSRN 25x25 M12-K.

Obrábění se provede na soustruhu ZMM Sliven vyrobený v roce 1982. Tento soustruh má tuhou konstrukci, litinové lože, umožňuje tuhé upnutí a dobře tlumí rázy, které vznikají při přerušovaném řezu. Je osazen komponenty pro plynulou změnu otáček. Dosahuje maximálně 2000 /min^{-1} a výkon elektromotoru má 6kW.

Vyhodnocení bude prováděno pomocí mikroskopu Intracomicro, který je vybaven digitální kamerou se čtyřnásobným zvětšením, polarizační jednotkou, výstupem do počítače a přídatným studeným světlem.

Software IMPORT 5, kterým je počítač vybaven slouží pro online kótování geometrických parametrů.

Cílem této bakalářské práce je zjistit, zda vyměnitelná břitová destička odolá rázům, které vznikají při soustružení přerušovaným řezem. Bude sledován vliv tepelných a mechanických rázů, působících na břit nástroje, které mohou VBD poškodit a způsobit její destrukci. Výsledky jednotlivých VBD budou sepsány do tabulek a provede se grafické vyhodnocení.

2. VLIV TEPELNÝCH A MECHANICKÝCH RÁZU NA OSTŘÍ NÁSTROJE

Při obrábění často dochází k přerušovanému řezu a k chvění technologické soustavy stroj – nástroj – obrobek. [1]

Při přerušovaném řezu je obvykle tepelné zatížení břitu nižší. Je to důsledek ochlazení ve fázi, kdy "břit řeže vzduch". Proto v tomto případě je menší nebezpečí vzniku plastické deformace, avšak vzrůstá nebezpečí křehkého porušení břitu v důsledku proměnlivého cyklického namáhání mechanickými a teplotními rázy. [2]

Technologie obrábění zahrnuje celou řadu parametrů, mezi nejdůležitější lze zařadit zkoušky odolnosti (houževnatosti) řezného nástroje, které jsou vhodné pro zjištění nejdelší životnosti nástroje v podmínkách přerušovaného řezu. Spolehlivost a provozní schopnost řezného nástroje je dána zejména řezivostí břitu, který nám komplexně ovlivňuje celkový výkon nástroje. [2]

2.1. Přerušovaný řez

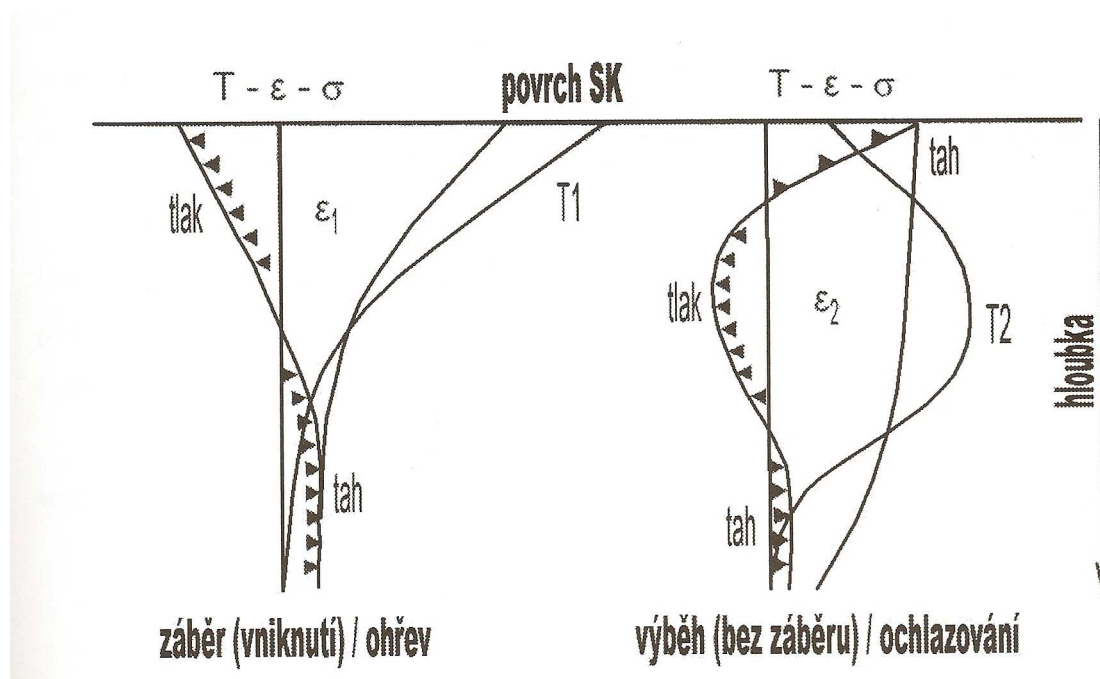
Při přerušovaném řezu řezný klín nástroje vniká do obráběného materiálu, v zápětí z něho vyjíždí a znovu se do něj vrací. To způsobuje, že řezný klín, nástroj, obrobek a obráběcí stroj jsou namáhané rázy. Čím větší a prudší jsou rázy, tím menší počet jich stačí na porušení řezné hrany. Aby řezná hrana vydržela stanovený počet rázu a nedošlo k jejímu porušení, nesmí být překročena kritická pevnost VBD. Hloubku řezu musíme volit co nejmenší, řezná hrana pak vydrží větší počet rázů. V opačném případě by mohlo dojít k vyštípnutí řezné hrany a ke zkrácení doby trvanlivosti. [1]

S přerušovaným řezem se můžeme setkat při frézování, hoblování, obražení a broušení. Při soustružení se přerušovaný řez vyskytuje, když obrábíme hranaté součástky nebo nerovnoměrně odebíráme třísku. [1]

Kromě mechanických rázů, kterými je řezná hrana namáhána působí na ní také tepelné rázy. Teplo, které vzniká při obrábění je způsobeno překonáváním řezného odporu při obrábění materiálu a zároveň tření mezi třískou, břitem nástroje a obrobenou plochou. Toto vzniklé teplo je břitovou destičkou pohlcováno, způsobuje pokles její trvanlivosti a dochází tak k neekonomickému obrábění. [13]

2.2. Tepelné rázy

Jsou způsobeny střídavou přeměnou tlakových a tahových napětí v povrchových vrstvách VBD. Tyto změny pak negativně působí na kvalitu destiček, a mohou způsobit vznik mikroskopických trhlin v oblasti ostří a porušit tím břit. [5]



Obr. 1 vliv napětí na břit nástroje [3]

Na obrázku můžeme vidět břit ve fázi kdy vniká do obrobku a teplota povrchových vrstev náhle vzrůstá. Sousedící vrstvy nacházející se dále od povrchu, jsou chladnější a brání povrchovým vrstvám v prodloužení, které by odpovídalo jejich ohřevu. Tím vznikne v povrchových vrstvách tlakové napětí přecházející v určitou vzdálenost od povrchu a přemění se v napětí tahové. V okamžiku kdy vyjede břit ze záběru, dojde k intenzivnímu ochlazení povrchových vrstev. Protože pokles teploty ve vrstvách, které jsou dále od povrchu neprobíhá tak rychle, vznikne v povrchové vrstvě tahové napětí, které se v určité vzdálenosti od povrchu mění v tlakové. [6]

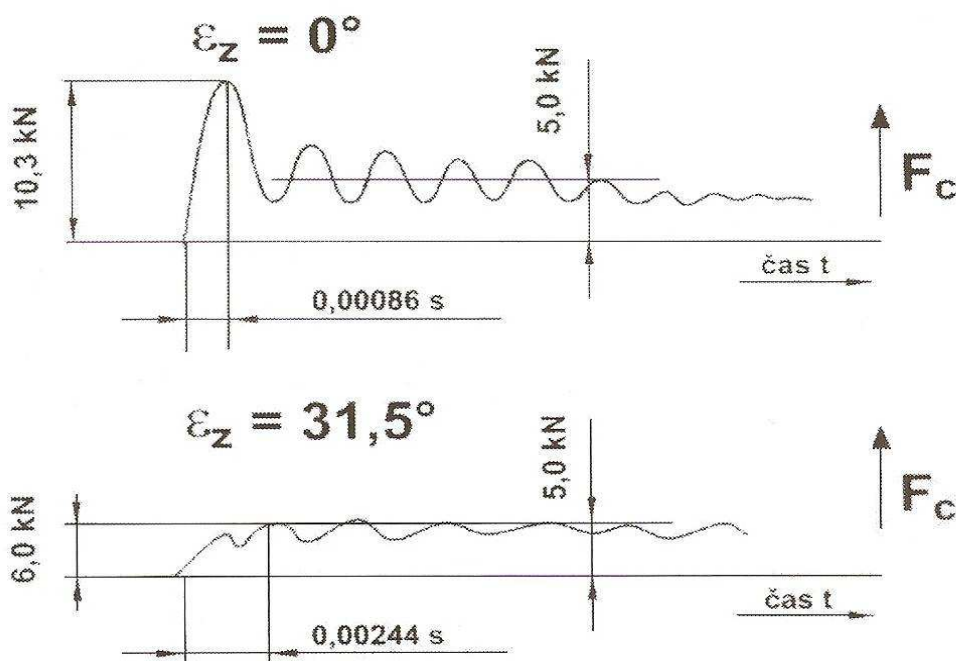
Abychom zabránili tepelným rázům je třeba zvýšit pevnost v tahu, tepelnou vodivost, snížit modul pružnosti a součinitel tepelné roztažnosti. K porušení břitu nástroje může také dojít vlivem mechanického rázu a to při vnikání nástroje do obrobku. [5]

2.3. Mechanické rázy

Vznikají při obrábění, kdy břit nástroje vniká do obrobku, to způsobuje nárůst hlavní složky řezné síly. Ta může dosáhnout až několika násobku střední hodnoty. Velikost hodnoty nárůstu hlavní složky řezné síly závisí na čase (tedy od prvního kontaktu až po plný průřez třísky).

Doba vniknutí závisí na vzájemné poloze povrchu obrobku a čela nástroje. Dojde-li k prvnímu kontaktu v celém průřezu třísky najednou, považujeme pak čas vniknutí za nulový a mechanický ráz či složka řezné síly dosáhne svého maxima.

Čím je vnikání břitu na plný průřez třísky pozvolnější, tím je nárůst řezné síly menší. Na čele VBD dochází k nebezpečnému kontaktu, kde vzniká křehké porušení břitu. [4]



Obr. 2 Hlavní složka řezné síly v závislosti na čase a úhlu záběru [3]

Na obrázku můžeme vidět nárůst hlavní složky řezné síly závislé na čase (vnikání břitu do obrobku) a specifickém úhlu záběru ε_z , který se nachází mezi čelem břitové destičky a tečnou k obrobku. [5]

3. EXPERIMENTÁLNÍ TESTOVÁNÍ NÁSTROJŮ

V praxi se používají u výrobců i uživatelů nástrojových materiálů různé obráběcí testy, které dávají informace o podmínkách obrábění. Testy soustružení se zaměřují především na obrábění plynulým řezem při konstantní nebo proměnné hloubce řezu ap. Proto byly vyvinuty testy spolehlivosti pomocí soustružení s přerušovaným řezem, prováděné na speciálních přípravcích. [2]

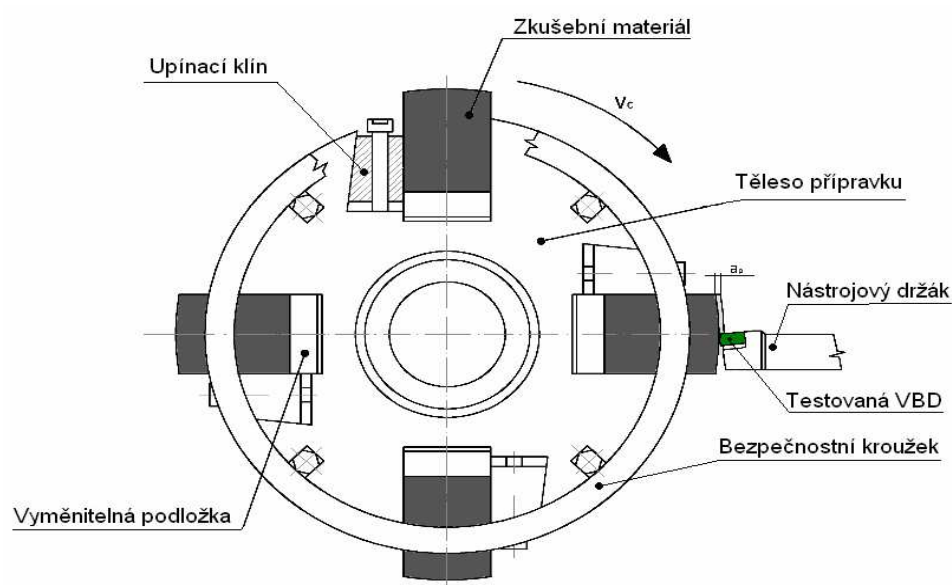
Druhy testů při soustružení :

- soustružení podélné, tzv. „test lištový“
- čelní soustružení s válcovými čepy
- soustružení s podélnými drážkami. [5]

3.1. Podélné soustružení – Lištový test

Do sklíčidla upneme speciální přípravek (simulátor přerušovaného řezu) a podepřeme ho hrotem, který je upnutý v pinole koníku.

Do přípravku v suneme materiálové lišty a pomoci upínacích klínů zajistíme tuhé upnutí. Abychom zajistili konstantní řeznou rychlost použijeme vyměnitelné podložky, které se umísťují pod lišty. Tyto podložky mají na svém konci šrouby pro odstranění vibrací, které vznikají při nedokonalém upnutí lišt.



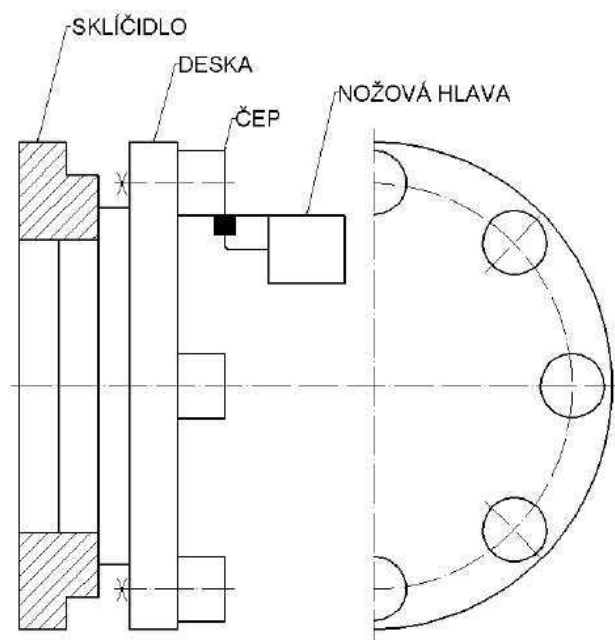
Obr. 3 Schéma přípravku pro podélné soustružení [4]

Testovaný nástroj vykonává podélné soustružení směrem od koníku ke sklíčidlu, kdy při tomto procesu je VBD během jedné otáčky vystavena čtyřem rázům. Výhodou tohoto přípravku je poměrně snadná vyměnitelnost lišt, to nám umožňuje testovat i jiné obráběné materiály. Z bezpečného hlediska jsou na obou čelech přípravku přišroubovány pojistné kroužky. Ty mají za úkol, při nedostatečném upnutí lišt, zamezit zranění obsluhy stroje nebo jiným materiálními škodám, ke kterým by mohlo dojít vlivem odstředivé síly. [4]

3.2. Čelní soustružení s válcovými čepy

Při tomto testu jsou válcové čepy upnuté v čelní desce přípravku. Tato deska je upnutá do sklíčidla v soustruhu a může mít libovolný počet vsazených čepů. Soustružení pak probíhá od středu k obvodu desky. Podle toho kolik má přípravek vsazených čepů, tolikrát bude břitová destička namáhána během jedné otáčky.

U této metody je důležitým parametrem řezná rychlost, která se v průběhu testu mění vlivem posuvu nástroje k obráběným čepům. Hloubka řezu a_p a posuv f se nemění.



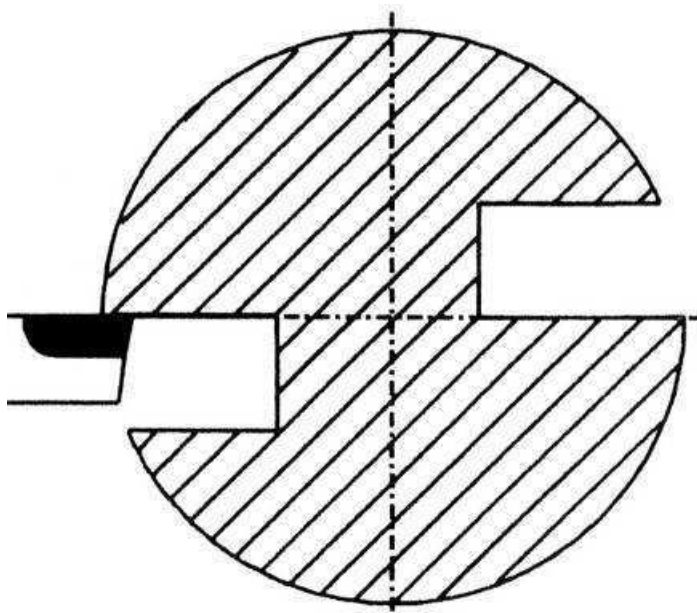
Obr. 4 Čelní soustružení s válcovými čepy [5]

Vnikne-li břit nože do čepu, začnou se tvořit mechanické rázy. Vlivem posuvu, kdy soustružíme jednotlivé vrstvy čepu, se mění doba setrvání břitu v záběru a zároveň i poměr fáze řezání a ochlazování břitu. Proto tuto zkoušku používáme pro testování odolnosti břitu proti cyklickému teplotnímu a mechanickému zatížení.

Rázy, které působí na břit nástroje způsobují vznik mikroskopických trhlin a může dojít při stálém zatěžování až k destrukci břitu. Výhodou této zkoušky je jednoduchá výroba, snadné upnutí čepů, nižší časová a materiálová náročnost. [2,5]

3.3. Soustružení s podélnými drážkami

V této metodě je jako zkušební přípravek válec, který má po celé své délce vyfrézované drážky. Jako obrobek jsou zde používány lišty (lopatky), které jsou vsazeny do zkušebního přípravku. Při obrábění je břit nástroje namáhán určitým počtem rázu během záběru. Podle toho kolik lišt upneme do drážek, tolik nám bude působit mechanických a tepelných rázu na břit nástroje. [5]



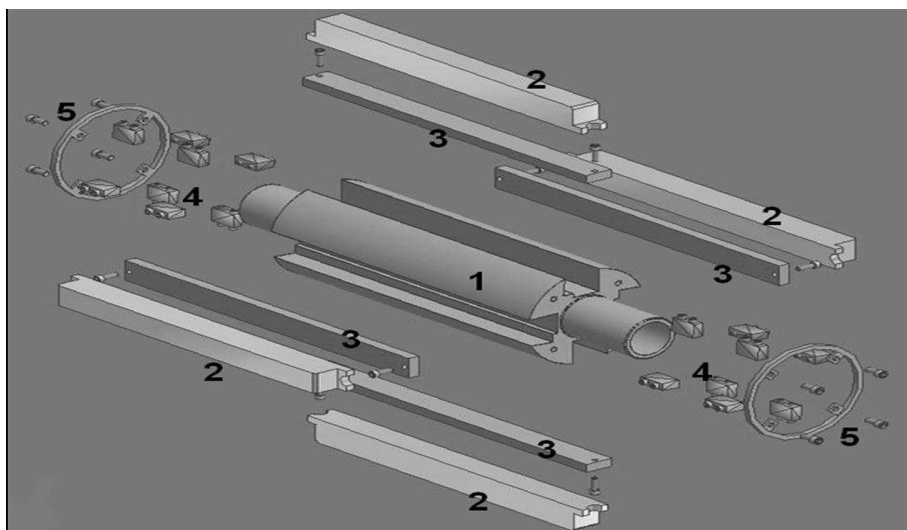
Obr. 5 Schéma podélného soustružení válce [3]

Po určité době obrábění, při stanovených řezných parametrech začínají vznikat trhlinky. Tyto trhlinky mohou způsobit porušení řezné hrany nástroje, která je namáhána rázy. [5]

3.4. Sestavení přípravku

Celý přípravek před testováním musíme upnout do soustruhu. Materiálové lišty zasuneme do drážek a zajistíme tuhé upnutí lišt pomocí sady upínacích klínů. [2]

Tělo přípravku se skládá z několika komponentu, které jsou na obrázku č.5 očíslovány a jednotlivě popsány.



Obr. 6 Schéma rozloženého přípravku [7]

1. Tělo přípravku – je to válec, ve kterém jsou vyfrézovány čtyři drážky, do kterých se vsazují lišty s vyměnitelnými podložkami. Jedna strana drážky je vyfrézována pod úhlem, aby pomocí klínu mohlo dojít k pevnému upnutí lišty.

2. Obráběné lišty – jsou to obrobky ze zvoleného materiálu o daných vlastnostech, které můžeme libovolně měnit za jakýkoliv jiný materiál.

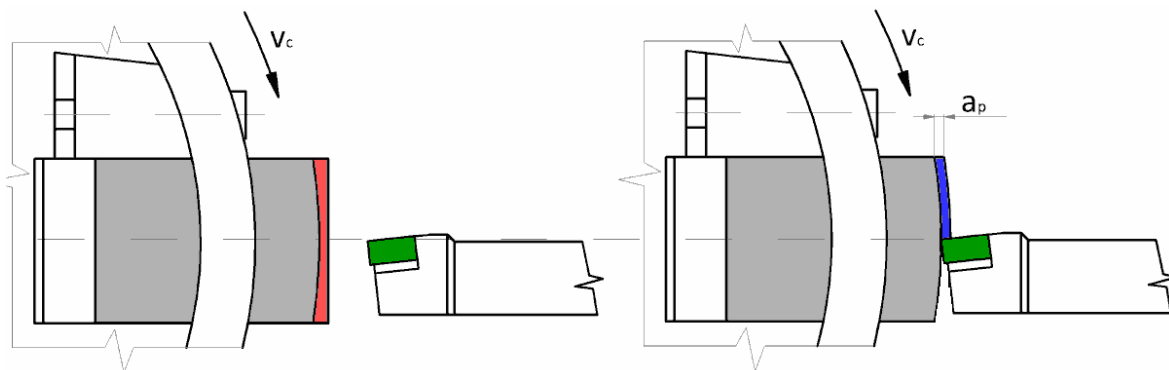
3. Vyměnitelné podložky – umísťují se pod vyměnitelné lišty a zajišťují zachování konstantní řezné rychlosti. Podložky mají na svém konci šrouby z důvodu odstranění možných vibrací, které vznikají při nedokonalém upnutí obráběných lišt.

4. Upínací klíny – slouží pro upnutí obráběné lišty, na jednu lištu se používají čtyři klíny. Klín je opatřen dvěma šrouby, díky kterým se získává síla přenášená třením mezi klíny a obrobkem.

5. Pojistné kroužky – jsou našroubovány z obou stran přípravku a slouží, při nedostatečném upnutí lišt, k zabránění zranění pracovníka nebo k jiným materiálovým škodám, ke kterým by mohlo dojít vlivem odstředivé síly. [8]

3.5. Úprava lišt před vlastním měřením

Lišty po prvním soustružení musíme radiálně podložit speciálními distančními podložkami, to nám zajistí konstantní řeznou rychlost v průběhu testu a obrábění bude probíhat na stále stejném průměru. [2]



Obr. 7 Úprava lišt před začátkem měření [4]

Touto jednoduchou úpravou zajistíme i vyvážení proti rozkmitání soustavy, protože vzdálenost lišt od středu bude konstantní. První tříska ve výsledcích měření není uvedena. Provedeme-li tyto menší úpravy je přípravek připraven a může začít vlastní testování VBD. [2]

3.6. Materiál obrobku (lišt)

Materiál obrobku je ve tvaru lišty, které jsou z oceli 15 128 (13MoCrV6). Tato ocel se vyznačuje dobrými vlastnostmi a je vhodná pro práci za vyšších teplot. Je tepelně odolná při namáhání za zvýšených teplotách v oblasti meze kluzu i meze tečení.



Obr. 8 Neopracovaný materiál

Tab. 1 Chemické složení oceli 15 128 (13MoCrV6)

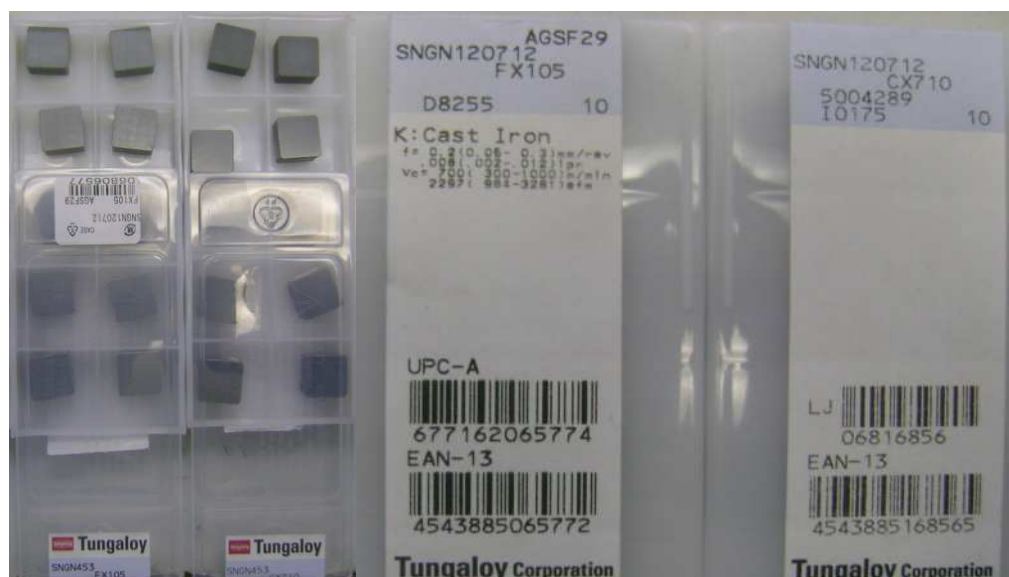
C	Mn	Mo	Si	P	S	V	Al	Cr
0,1-0,18	0,45-0,7	0,4-0,6	0,15-0,4	do 0,04	do 0,04	0,22-0,35	1)	0,05-0,75

Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli 15 128 (13MoCrV6)

R _p 0,2[Mpa]	R _m [Mpa]	Tvrdost [HB]	E [GPa]
255-430	450-740	129-2233	214

3.7. Testované keramické vyměnitelné břitové destičky

K vzájemnému porovnání byly zvolené dva druhy keramických destiček typu FX 105 a CX 710 od firmy Tungaloy.



Obr. 9 Použité vyměnitelné břitové destičky

Vyměnitelná břitová destička typu-FX 105

Použití: pro oceli, litiny, žárovečné litiny, pro plynulé až středně přerušované obrábění (při vysoké rychlosti).

Vlastnosti: keramika na bázi Si_3N_4 , má vynikající pevnost, houževnatost a tepelné vlastnosti oproti keramice Al_2O_3 .

Tab. 3 Mechanické vlastnosti VBD FX 105 [10]

Hustota [g/cm ³]	Tvrdost [HRA]	Mez pevnosti [GPa]	Lomová houževnatost [MPa.m ^{1/2}]	Modul pružnosti [Gpa]
3,24	93.0	1,3	6,1	290

Vyměnitelná břitová destička typu – CX 710

Použití: Při vysokých rychlostech a má vysokou efektivitu obrábění litin

Vlastnosti: Hlavní složkou je Si_3N_4 , má vynikající pevnost, houževnatost a dobré tepelné vlastnosti ve srovnání s keramikou obsahující Al_2O_3 . Houževnatost a tepelná vodivost je lepší než u břitové destičky typu FX105.

Tab. 4 Mechanické vlastnosti VBD CX 710 [10]

Hustota [g/cm ³]	Tvrdost [HRA]	Mez pevnosti [GPa]	Lomová houževnatost [MPa.m ^{1/2}]	Modul pružnosti [Gpa]
3,2	92,9	1,1	6,1	290

3.8. Nástrojový držák VBD (řezná geometrie)

Nástrojový držák byl volen s ohledem na normu ISO 3685 – Tool Life Testing of Single Point Turning Tools. [9]

Pro naší VBD nejvíce vyhovoval nástrojový držák CSRNR 25x25M12-K, který pro zároveň splňuje normu ISO 3685.



Obr. 10 Nástrojový držák

Geometrie pro nástroj z řezné keramiky:

- Úhel nastavení hlavního ostří $K_r = 75^\circ$
- Ortogonální úhel hřbetu $a_o = 6^\circ$
- Ortogonální úhel čela $g_o = -6^\circ$
- Úhel sklonu ostří $\lambda_s = -6^\circ$
- Úhel špičky $\epsilon_r = 90^\circ$

3.9. Obráběcí stroj

Test se prováděl na bulharském soustruhu ZMM SLIVEN, r.výroby 1982, typ 500 (viz.obr.č.9). Tento soustruh má tuhou konstrukci, litinové lože, umožňuje tuhé upnutí a dobře tlumí rázy, které vznikají při přerušovaném řezu. Je osazen komponenty pro plynulou změnu otáček. Dosahuje maximálně 2000 min^{-1} a výkon elektromotoru má 6kW. Celý test se prováděl v laboratoři na katedře obrábění a montáže.



Obr. 11 Soustruh ZMM SLIVEN

4. VYHODNOCENÍ TESTU

Pro vyhodnocení testů jednotlivých VBD byl použit mikroskop Intracomicro. Mikroskop je vybaven digitální kamerou se čtyřnásobným zvětšením, přídavným studeným světlem, polarizační jednotkou a výstupem do počítače. Software IMPORT 5, kterým je počítač vybaven slouží pro online kótování geometrických parametrů.



Obr. 12 Mikroskop Intracomicro

Použitou VBD vložíme pod mikroskop a zaostříme snímek, který se nám zobrazuje na monitorové ploše.

Snímky jednotlivých VBD uložíme a jejich výsledky vyhodnotíme formou tabulek a grafu. V tabulkách uvedeme průměrnou hodnotu třech nezávislých měření.

Stanovené řezné parametry

Pro testovaný materiál 15 128 o průměru D=260 mm byly stanovené řezné parametry, které jsou uvedené v tabulce č.5. Řezné parametry jsme volili tak, aby trvanlivost bříty byla zaručena.

Tab. 5 Řezné parametry

ŘEZNÉ PARAMETRY								
ŘEZNÁ RYCHLOST v [m/min]	408				580			
POSUV f [mm]	0,15	0,2	0,25	0,3	0,15	0,2	0,25	0,3
KRIT.DÉLKA l [mm]	225	300	375	450	225	300	375	450
HLOUBKA ŘEZU ap [mm]	1							

Počet rázu byl stanoven na hodnotu $R= 6000$, zbývající kritickou délkou dopočteme podle vzorce (3.1) a otáčky podle vzorce (3.2). Vypočtené hodnoty zapíšeme do tabulky (viz. Tab. č.6)

Tab. 6 Vypočtené otáčky a délka pro jednotlivé rychlosti v_{c1} a v_{c2}

v_{c1} [m/min]	l [mm]	n [min ⁻¹]
408	225	500
408	300	500
408	375	500
408	450	500
v_{c2} [m/min]	l [mm]	n [min ⁻¹]
580	225	710
580	300	710
580	375	710
580	450	710

$$R = \frac{n_1 \cdot l}{f} \Rightarrow l = \frac{R \cdot f}{n_1} \quad [\text{mm}] \quad (3.1)$$

R – počet rázů [-]

n_1 – počet lišt v přípravku [-]

f – posuv nástroje [mm]

l – obrobená délka [mm]

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} [\text{min}^{-1}] \quad (3.2)$$

n– otáčky

v– řezná rychlost

D– průměr obrobku

Pro první měření byla použita VBD FX 105, pro druhé měření břitová destička CX 710. V tabulce č.7 a 8 jsou uvedeny řezné podmínky, při kterých byly destičky testovány. Pro test byly vždy použité dvě strany destiček, které jsou označené čísly. Číslo před tečkou označuje pořadí destičky a číslo za tečkou označuje měřenou stranu destičky.

Tab. 7 Stanovené řezné podmínky pro VBD FX 105

FX 105					
$v_{c1}=408$			$v_{c2}=580$		
VBD	f [mm]	l [mm]	VBD	f [mm]	l [mm]
1.1	0,15	225	3.1	0,15	225
1.2	0,2	300	3.2	0,2	300
2.1	0,25	375	4.1	0,25	375
2.2	0,3	450	4.2	0,3	450

Tab. 8 Stanovené řezné podmínky pro VBD CX 710

CX 710					
$v_{c1}=408$ [m/min]			$v_{c2}=580$ [m/min]		
VBD	f [mm]	l [mm]	VBD	f [mm]	l [mm]
5.1	0,15	225	7.1	0,15	225
5.2	0,2	300	7.2	0,2	300
6.1	0,25	375	8.1	0,25	375
6.2	0,3	450	8.2	0,3	450

Cílem VBD je ujet kritickou délkou při zadaných řezných parametrech a odolat rázům. Pokud VBD vydrží rázy a dojde do požadované délky při daném posuvu a řezné rychlosti, bude experiment u konce a VBD vyhodnotíme jako vyhovující. V případě porušení VBD dříve, než by dosáhla hodnotu kritické délky, musíme tuto hodnotu zaznamenat a přepočítat počet rázu podle vzorce (3.1).



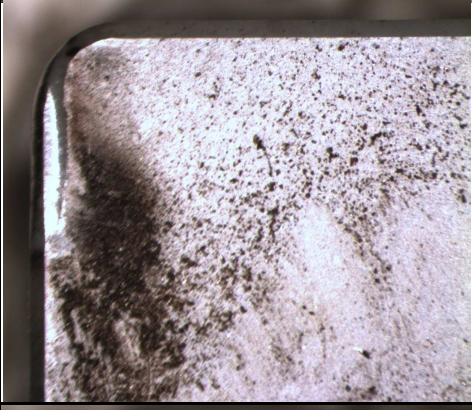

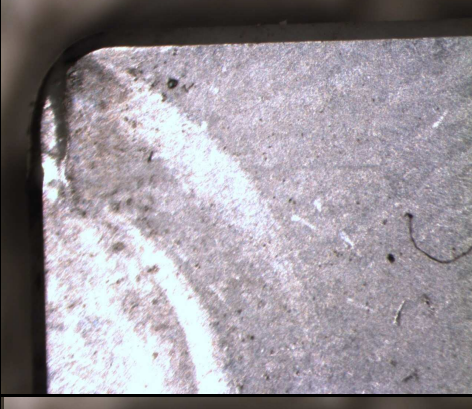

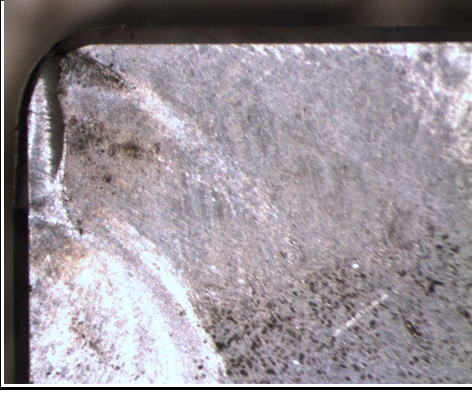
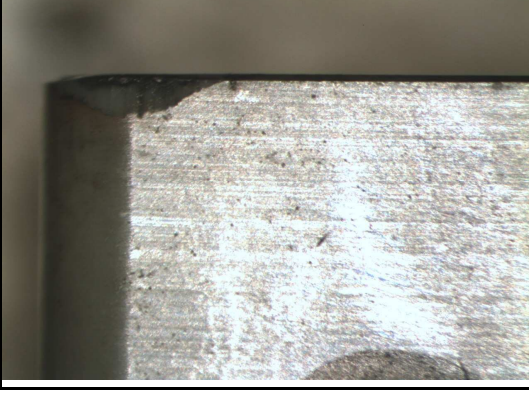
4.1. Vyhodnocení a zpracování výsledku




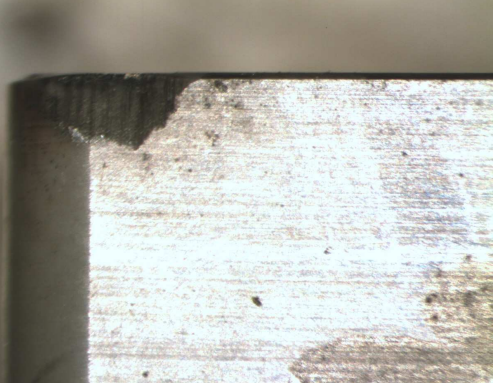




V tabulkách č.9 a 11 jsou uvedené výsledky naměřených hodnot, z kterých je zřejmé že všechny břitové destičky ujely požadovanou délku s patrným porušením jak můžeme vidět na snímkách, které jsou v tabulkách č.10 a 12. Pro lepší přehled jsou tyto výsledky vyneseny do grafu.

Tab. 9 Výsledky naměřených hodnot pro VBD FX 105

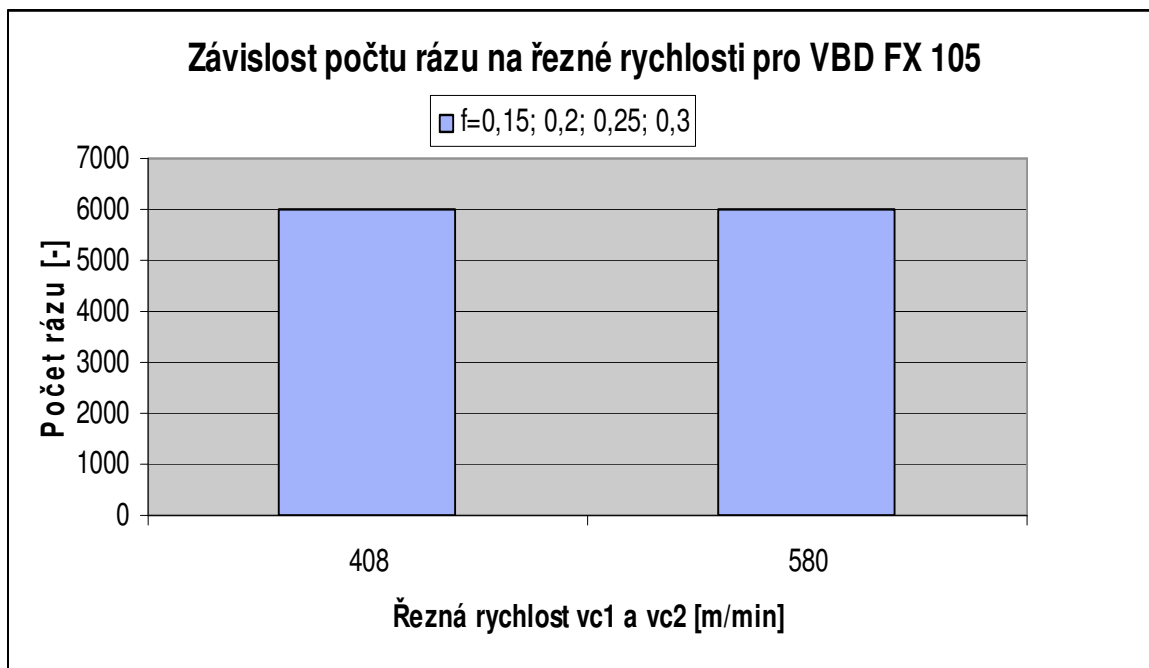
FX 105				
VBD	v_c [m/min]	f [mm]	l [mm]	Rázy [-]
1.1	408	0,15	225	6000
1.2	408	0,2	300	6000
2.1	408	0,25	375	6000
2.2	408	0,3	450	6000
3.1	580	0,15	225	6000
3.2	580	0,2	300	6000
4.1	580	0,25	375	6000
4.2	580	0,3	450	6000

Tab. 10 Snímky VBD FX 105

FX 105		
označení	čelo	hřbet
1.1		
1.2		
2.1		
2.2		

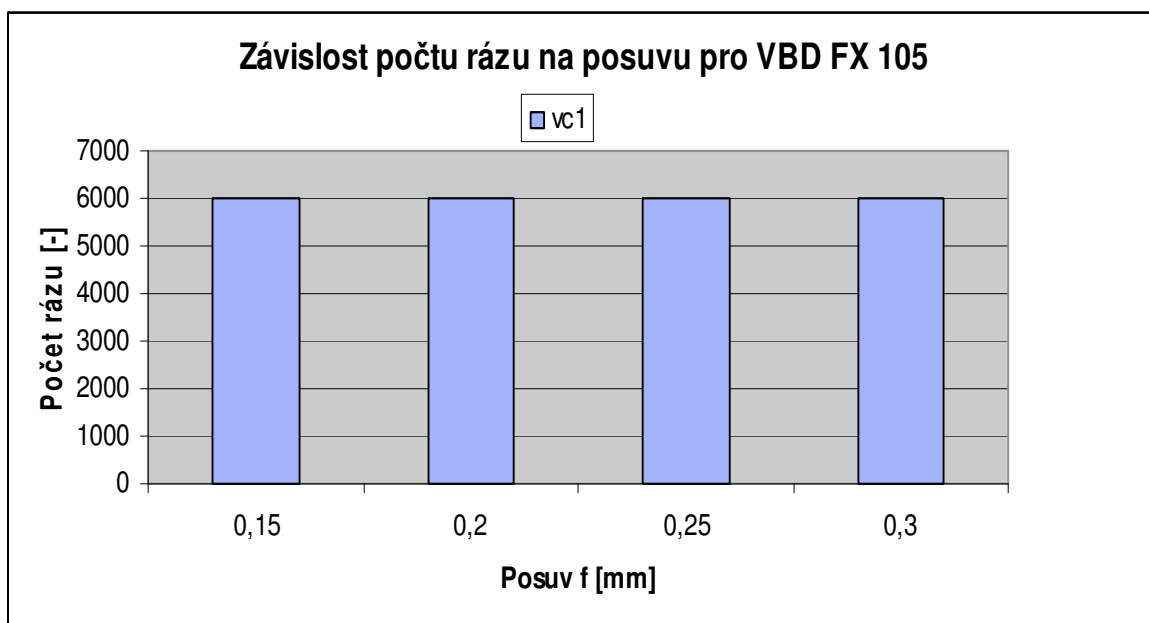
3.1		
3.2		
4.1		
4.2		

Grafy závislosti pro VBD FX 105



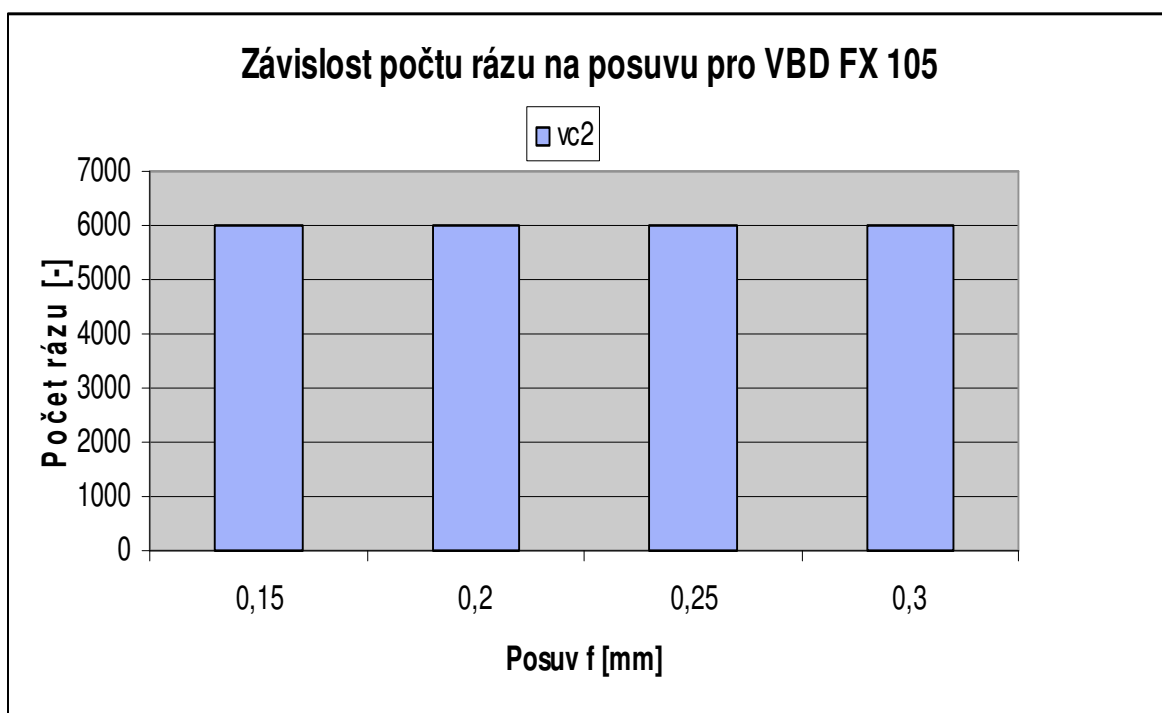
Graf 1. Závislost počtu rázu na řezné rychlosti pro VBD FX 105

Na grafu závislosti můžeme vidět, že VBD při obou řezných rychlostech odolala rázům o hodnotě $R=6000$ nezávisle na posuvu.



Graf 2. Závislost počtu rázu na posuvu pro VBD FX 105

Na grafu č.2 vidíme VBD při řezné rychlosti $v_{c1}=408$ m/min. Zvýšíme-li posuv až na hodnotu $f=0,3$ mm/ot počet rázu se nemění a odolnost destičky neklesá.



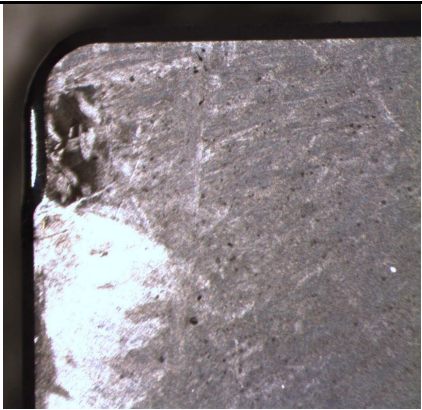
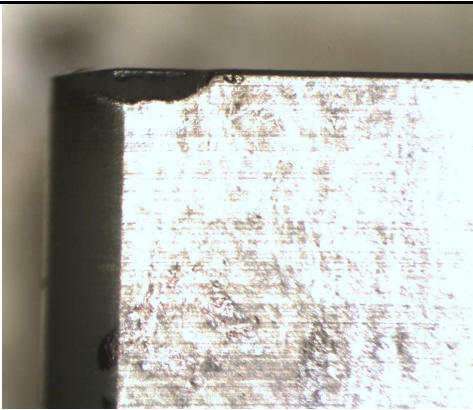
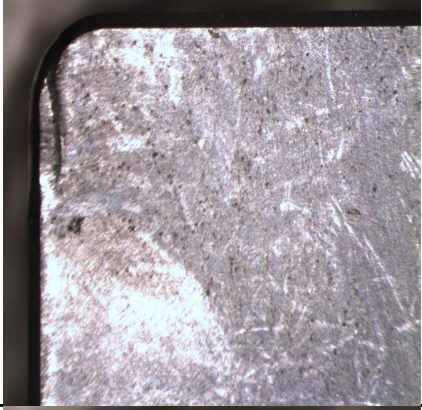
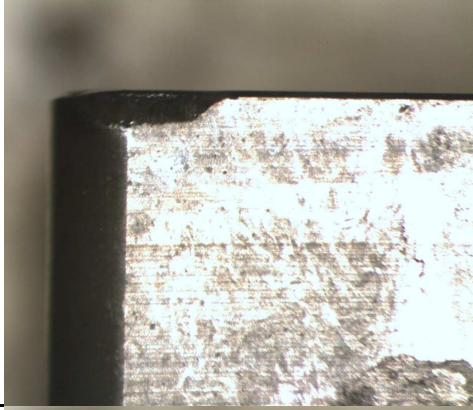
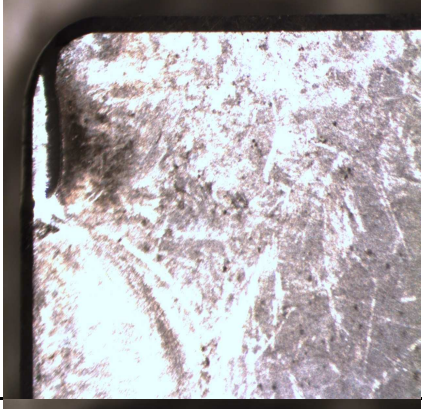
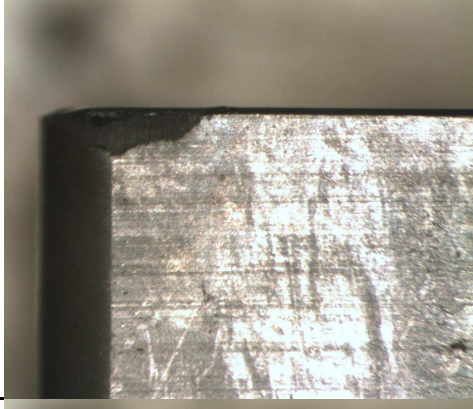
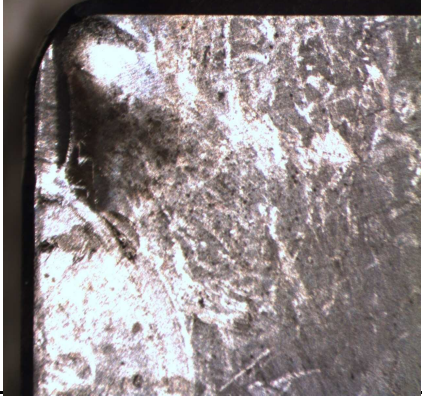
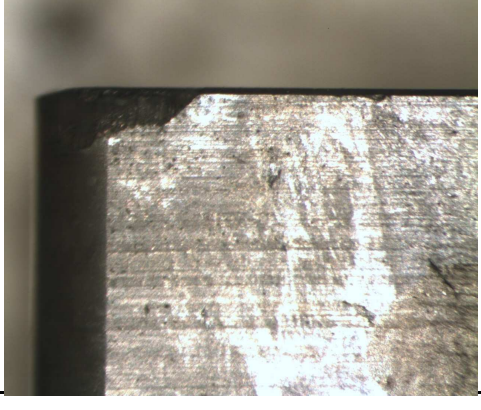
Graf 3. Závislost počtu rázu na posuvu pro VBD FX 105

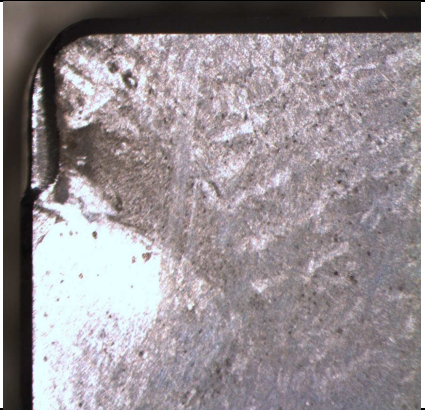
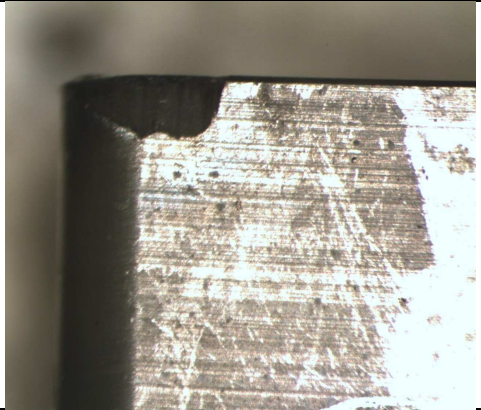
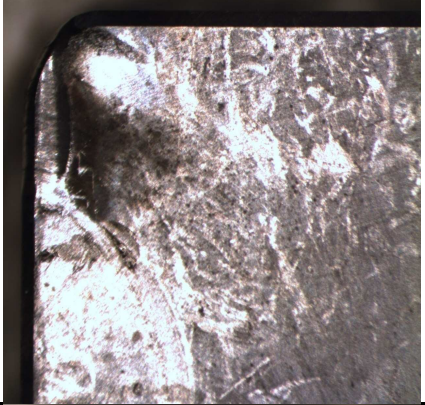
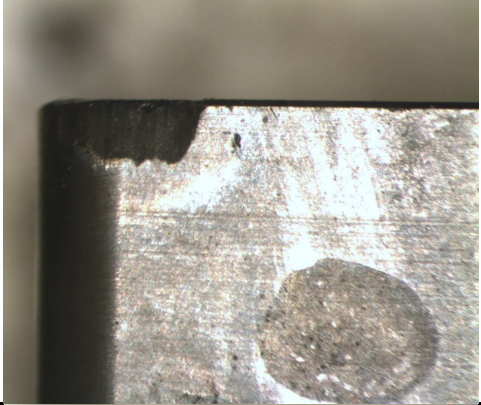
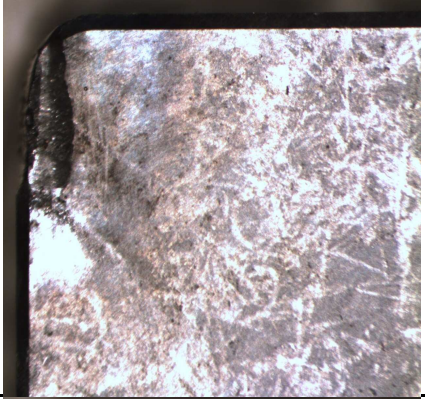
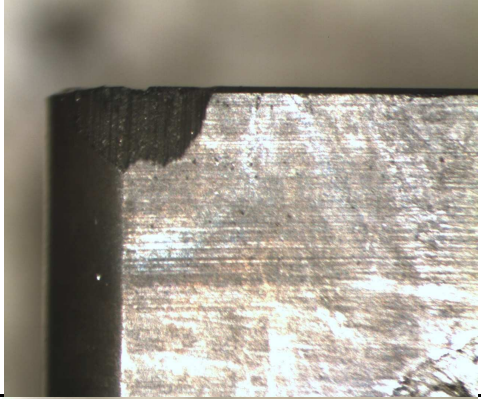
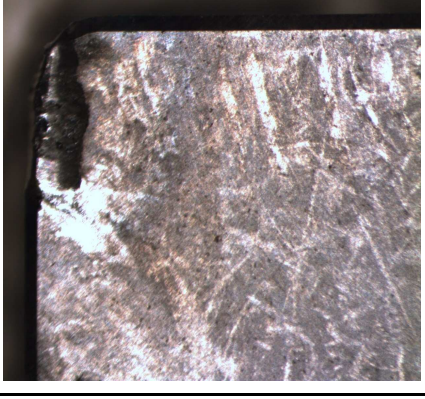

Z grafu č.3 je zřejmé, že VBD vydržela stanovený počet rázu i při druhé řezné rychlosti o hodnotě $v_{c2} = 580$ m/min nezávisle na posuvu.

Tab. 11 Výsledky naměřených hodnot pro destičku CX 710

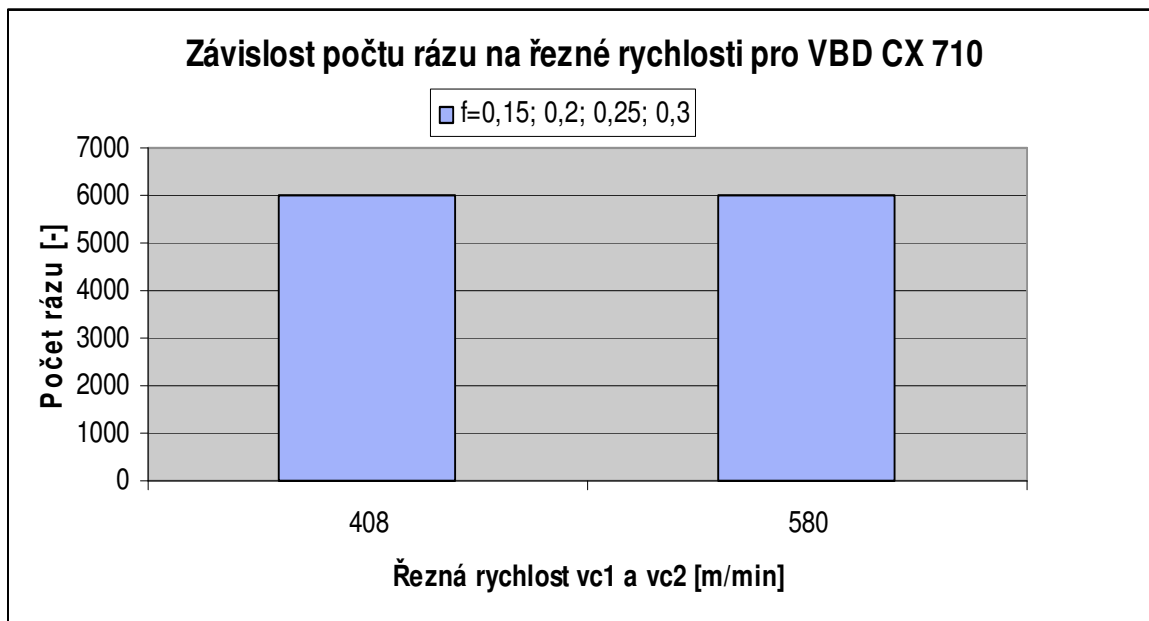
CX 710				
VBD	v_c [m/min]	f [mm]	l [mm]	Rázy [-]
1.1	408	0,15	225	6000
1.2	408	0,2	300	6000
2.1	408	0,25	375	6000
2.2	408	0,3	450	6000
3.1	580	0,15	225	6000
3.2	580	0,2	300	6000
4.1	580	0,25	375	6000
4.2	580	0,3	450	6000

Tab. 12 Snímky VBD CX 710

CX 710		
označení	čelo	hřbet
1.1		
1.2		
2.1		
2.2		

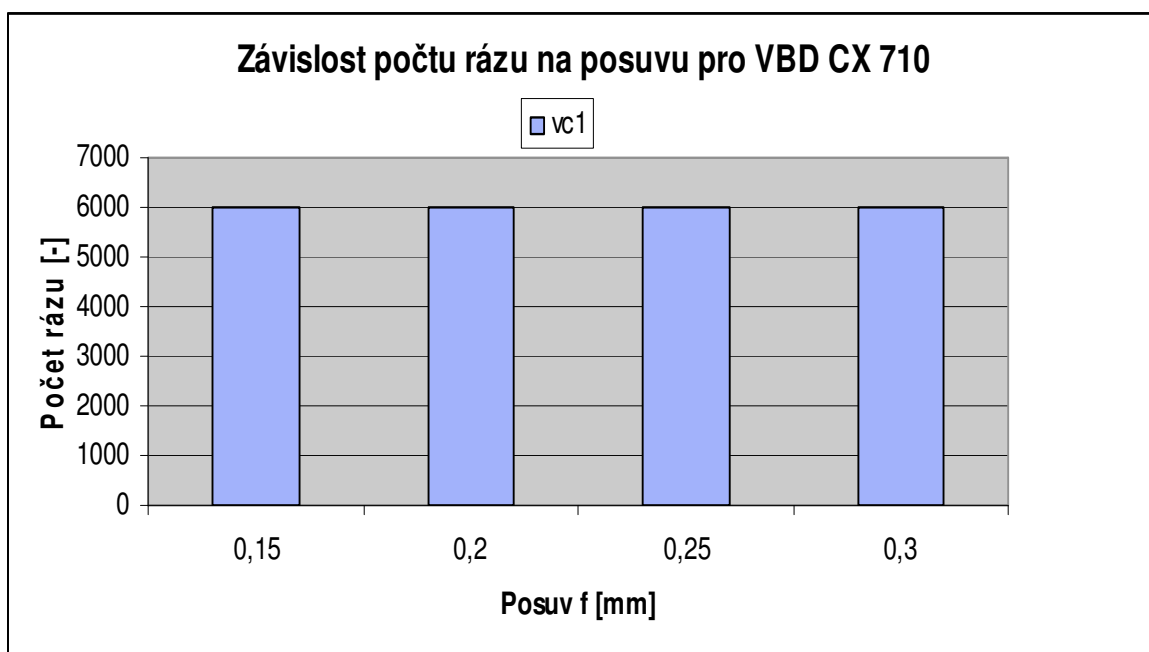
3.1		
3.2		
4.1		
4.2		

Grafy závislosti pro VBD CX 710



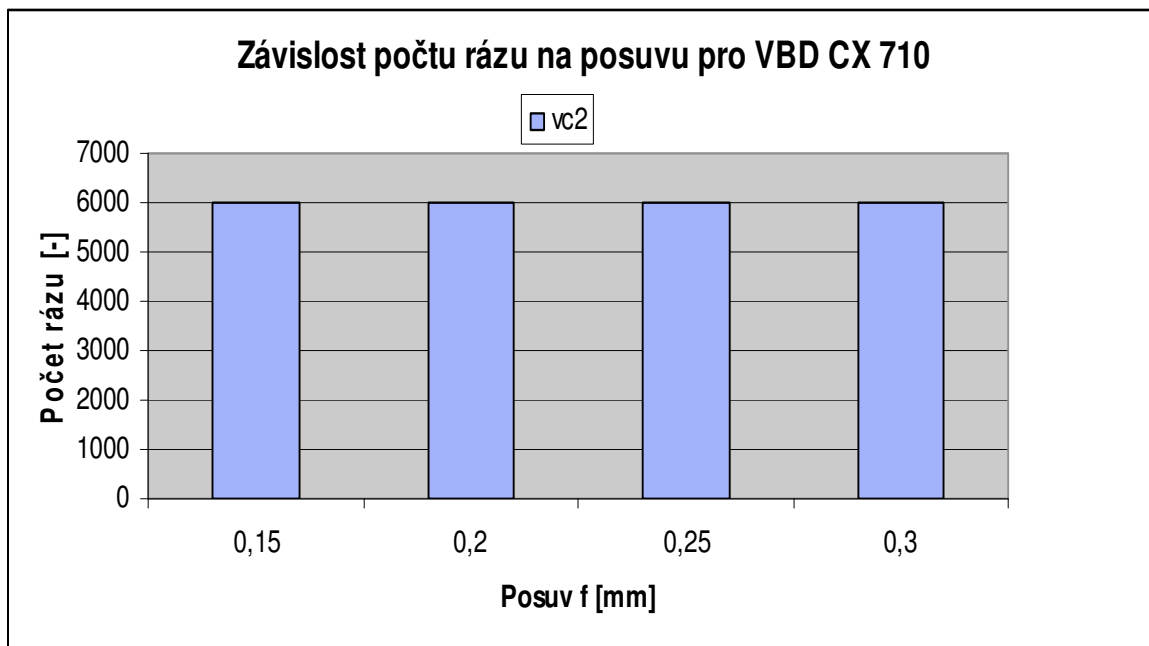
Graf 4. Závislost počtu rázu na řezné rychlosti pro VBD CX 710

Na grafu č.4 vidíme, že VBD CX 710 stejně jako VBD FX 710 odolala rázům při obou řezných rychlostech nezávisle na posuvu.



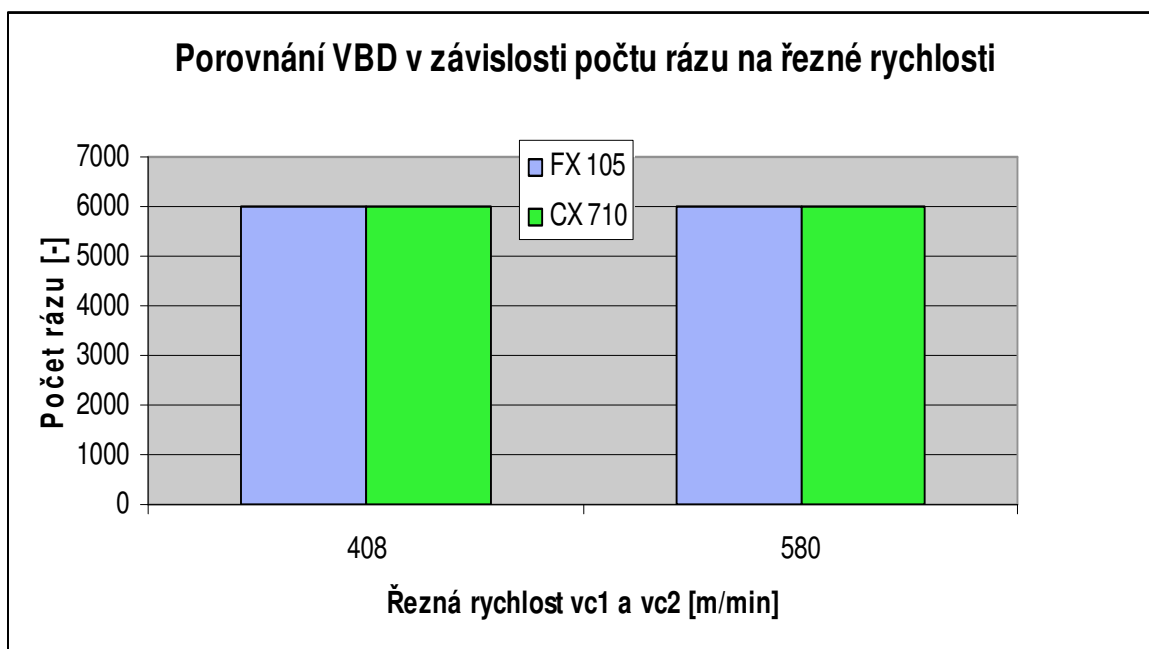
Graf 5. Závislost počtu rázu na posuvu pro VBD CX 710

Graf č. 5 nám ukazuje, VBD CX 710, která docílila stanoveného počtu rázu nezávisle na posuvu.



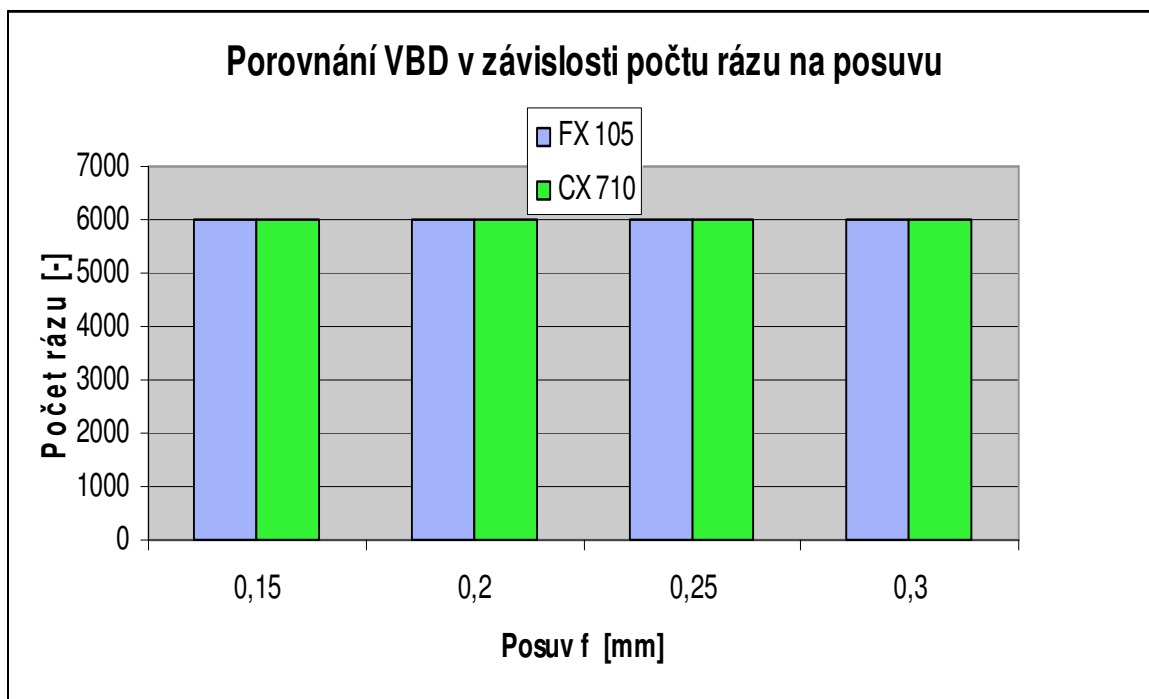
Graf 6. Závislost počtu rázu na posuvu pro VBD CX 710

Také VBD CX 710 můžeme podle grafu vyhodnotit jako úspěšnou. Při obou řezných rychlostech vydržela stanovený počet rázu nezávisle na posuvu.



Graf 7. Porovnání VBD v závislosti počtu rázu na řezné rychlosti

Na grafu č.7 máme porovnané oba druhy VBD, které při obou řezných rychlostech dosáhly limitní hranice počtu rázu aniž by došlo k destrukci bříty.



Graf 8. Porovnání VBD v závislosti počtu rázu na posuvu

Na grafu č.8 máme porovnané obě VBD při posuvech $f=0,15$ až $f=0,3$. Opět dosáhly limitní hranice počtu rázu.

Z provedeného testu můžeme vyhodnotit tyto VBD za vyhovující pro práci v podmínkách přerušovaného řezu. Destičky mají vysokou odolnost díky svému složení, a jsou vhodné pro vysokorychlostní obrábění jak se nám v testu potvrdilo.

5. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při testu podélného soustružení v podmínkách přerušovaného řezu jsme mohli vidět keramické VBD od firmy Tungaloy, které zvládly ujet kritickou délkou při působení rázu o hodnotě $R = 6000$ nezávisle na posuvu. Keramické břitové destičky typu FX 105 a Cx 710 byly testovány při dvou řezných rychlostech. U každé destičky byly použité dvě strany pro obrábění.

Tyto destičky jejichž hlavní složkou je nitrid křemíku jsou vhodné pro vysokorychlostní obrábění, mají vysokou odolnost proti opotřebení a odolávají vysokým teplotám. Díky tomu se při obrábění nemusí chladit. Z ekologického hlediska nám tedy odpadají náklady na chladicí kapalinu a tím i její recyklaci. [12]

Destičky mají dobrou houževnatost a lépe odolávají tepelným šokům, které vznikají při obrábění. Při výrobě některých keramických břitových destiček jsou kladené vysoké nároky, protože neobsahují žádný materiál jehož funkcí by bylo spojení jednotlivých zrn tvrdé fáze do jednotlivého tělesa. [2]

Aby keramický nástroj byl pevný a odolal vysokým tlakům je třeba zvolit vhodný tvar břitové destičky kde záleží hlavně na úhlu špičky a poloměru zaoblení. Trvanlivost břitu VBD a optimalizace řezných podmínek závisí na celé řadě parametrů.

Abychom mohli určit pro jednotlivé případy obrábění hodnoty trvanlivosti, je třeba definovat stav břitu nástroje, kdy jej pokládáme za otupený. [2]

Pojmem Trvanlivost charakterizujeme celkovou dobu řezného procesu, tedy součet všech časů řezání od počátku obrábění až do stavu opotřebení břitu na předem stanovenou hodnotu. [11]

Zvýšíme-li počet otáček vřetene, zvýší se nám produktivita stroje, ale zato se nám zkrátí trvanlivost řezného nástroje.

Také životnost nástroje je pro nás důležitá, záleží nám na tom jak dlouho můžeme VBD používat. Tedy uvedení VBD do provozu až po její vyřazení.

V dnešní době je kladen důraz na používání co nejmodernějších a nejefektivnějších řezných nástrojů, které nám umožní obrábět při maximálních řezných rychlostech.

Těmito požadavky se zabývají vývojové technologie obrábění, které se snaží zdokonalovat optimální řezné podmínky (hloubka řezu, posuv a řezná rychlost) a optimální trvanlivost nástroje.

6. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, zda keramické břitové destičky od firmy tungaloy jsou schopny pracovat v podmínkách přerušovaného řezu. Celý test probíhal v prostorách VŠB-TUO na katedře obrábění.

Pro test byla zvolena metoda podélného soustružení (lišťový test), která se prováděla na soustruhu ZMM Sliven. Do soustruhu byl upnut simulátor přerušovaného řezu, který byl podepřen hrotem upevněným v pinole koníku. Do simulátoru byl zasunut materiál 15 128 (13MoCrV6) v podobě lišt a upnul se pomocí sady upínacích klínů.

Pro testování byly zvolené dva druhy VBD typu FX 105 a CX 710 od firmy Tungaloy. Vyměnitelné břitové destičky byly upnuty do nástrojového držáku typu CSRNR 25x25M12-K, který pro nás splňoval normu ISO 3685.

Pro první měření byla zvolena VBD typu FX 105, která je vhodná pro obrábění oceli, litin, žáropevných litin a pro plynule až středně plynulé obrábění. Tato břitová destička se vyznačuje vynikající pevností, houževnatostí a dobrými tepelnými vlastnostmi. Při měření byly použity její dvě strany. Nastavily se řezné parametry pro zadaný typ a první kritická délka. Stejným způsobem jsme postupovali u dalších VBD.

Pro druhé měření byla použita VBD typu CX 710, která se používá při vysokých rychlostech a pro vysoko efektivní obrábění litin. Její hlavní přísadovou složkou je Si₃N₄, to jí dává vynikající pevnost, houževnatost a vysokou tepelnou odolnost. Má lepší houževnatost a tepelnou odolnost než VBD FX 105.

Po ukončení testu, kdy všechny VBD ujely požadovanou délku při stanovených řezných parametrech, byly tyto destičky vyhodnoceny pomocí mikroskopu připojeného k počítači Intramicro. Počítač je vybaven digitální kamerou se čtyřnásobným zvětšením, přídatným studeným světlem, polarizační jednotkou a výstupem do počítače.

Výsledky a snímky VBD jsou sepsány do tabulek, z kterých byly vytvořeny grafy závislosti. Z grafu je pak zřejmé, že obě destičky vydržely stanovené rázy a ujely kritickou délku s patrným porušením nezávisle na posuvu.

Tím to můžeme vyměnitelné břitové destičky od firmy Tungaloy vyhodnotit jako vyhovující a doporučit je jak pro soustružení, tak i frézování kde se přerušovaný řez vyskytuje často.

7. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] JANÁČ, Alexander; BÁTORA, Bohumil; BARÁNEK, Ivan; LIPA, Zdenko. *Technologia obrábania*. STU v Bratislavě, Materiálovotechnologická fakulta, 2004, 288 s, ISBN 80-227-2031-3
- [2] ČEP, Robert; *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky v podmínkách přerušovaného řezu*. Ostrava, 2005, 101 s. Disertační práce. FS VŠB-TUO.
- [3] HOUDEK, Josef; Kouřil Karel. *Odolnost slinutých karbidů proti teplotním a mechanickým rázům* [online]. MM Průmyslové spektrum, 4/2004 . URL: < <http://www.mmspektrum.com/clanek/odolnostslinutych-karbidu-proti-teplotnim-a-mechanickym-razum> >
- [4] REINER, J; *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky na simulátoru přerušovaného řezu*; Ostrava, 2009, 73 s. Diplomová práce
- [5] JAŠŠ, Pavel; *Zkoušky odolnosti vyměnitelných břitových destiček ze slinutých karbidů při přerušovaném řezu*; Ostrava, 2009, 108 s. Diplomová práce
- [6] PFEILER, Petr; *Testování nástrojů z řezné keramiky v podmínkách přerušovaného řezu*; Ostrava, 2008, 64 s. Diplomová práce
- [7] ČEP, Robert; PFEILER, Petr; *Shock Number Determination for DISAL D320 Ceramic Cutting Inserts during Interrupted Machining. In. The International Conference of the Carpathian Euroregion Specialist in Industrial Systems. Baia Mare ; North University of Baia Mare, 2008, s. 75 – 80. ISSN 1224 – 3264.*
- [8] ZÁLEŠÁK, Marek; *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky na simulátoru přerušovaného řezu*; Ostrava, 2010, 51 s. bakalářská práce
- [9] SO 3685: 1990 - *Tool Life Testing with Single Cutting Tools*. 1990.
- [10] <http://www.tungaloyamerica.com/turnig/>
- [11] REINER, Jan; *Zkoušky řezivosti vyměnitelných břitových destiček při přerušovaném řezu*; Ostrava, 2007, 74 s. bakalářská práce

- [12] DIVOKÝ, Rudolf; *Zkoušky nástrojů z řezné keramiky při přerušovaném řezu*; Ostrava, 2006, 37 s. Bakalářská práce.
- [13] BENEŠ, Vladimír; KLÚNA, Jindřich; ŠVERCL, Josef; VÁVRA, Pavel; *Dílenské tabulky pro školu a praxi*; Úvaly, 2008, 880 s.

8. SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázky

Obr. 1 Vliv napětí na břit nástroje [3]	10
Obr. 2 Hlavní složka řezné síly v závislosti na čase a úhlu záběru [3].....	11
Obr. 3 Schéma přípravku pro podélné soustružení [4]	12
Obr. 4 Čelní soustružení s válcovými čepy [5]	13
Obr. 5 Schéma podélného soustružení válce [3].....	14
Obr. 6 Schéma rozloženého přípravku [7]	15
Obr. 7 Úprava lišt před začátkem měření [4].....	16
Obr. 8 Neopracovaný materiál	17
Obr. 9 Použité vyměnitelné břitové destičky	18
Obr. 10 Nástrojový držák	19
Obr. 11 Soustruh ZMM SLIVEN	20
Obr. 12 Mikroskop Intramicro	21

Tabulky

Tab. 1 Chemické složení oceli 15 128 (13MoCrV6)	17
Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli 15 128 (13MoCrV6)	17
Tab. 3 Mechanické vlastnosti VBD FX 105 [10].....	18
Tab. 4 Mechanické vlastnosti VBD CX 710 [10]	19
Tab. 5 Řezné parametry	22
Tab. 6 Vypočtené otáčky a délka pro jednotlivé rychlosti v_{c1} a v_{c2}	22
Tab. 7 Stanovené řezné podmínky pro VBD FX 105	23
Tab. 8 Stanovené řezné podmínky pro VBD CX 710.....	23
Tab. 9 Výsledky naměřených hodnot pro VBD FX 105	24
Tab. 10 Snímky VBD FX 105	25
Tab. 11 Výsledky naměřených hodnot pro destičku CX 710	28
Tab. 12 Snímky VBD CX 710.....	29

Grafy

Graf 1. Závislost počtu rázu na řezné rychlosti pro VBD FX 105.....	27
Graf 2. Závislost počtu rázu na posuvu pro VBD FX 105.....	27
Graf 3. Závislost počtu rázu na posuvu pro VBD FX 105.....	28
Graf 4. Závislost počtu rázu na řezné rychlosti pro VBD CX 710	31
Graf 5. Závislost počtu rázu na posuvu pro VBD CX 710	31
Graf 6. Závislost počtu rázu na posuvu pro VBD CX 710	32
Graf 7. Porovnání VBD v závislosti počtu rázu na řezné rychlosti.....	32
Graf 8. Porovnání VBD v závislosti počtu rázu na posuvu.....	33